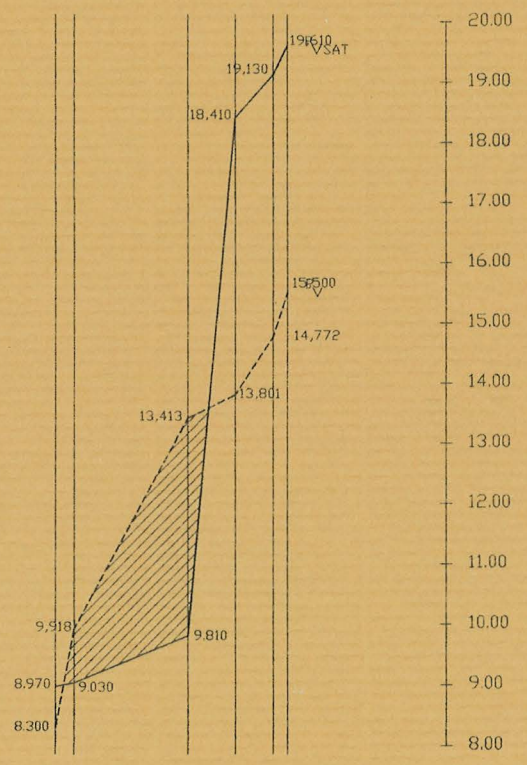
APLICACIONES PRÁCTICAS DE TÉCNICAS DE ACONDICIONAMIENTO A LA LUZ DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (II)

por

F. JAVIER NEILA GONZÁLEZ

CÉSAR BEDOYA FRUTOS

CONSUELO ACHA ROMÁN



CUADERNOS

DEL INSTITUTO

JUAN DE HERRERA

DE LA *ESCUELA DE*

ARQUITECTURA

DE MADRID

2-20-21

APLICACIONES PRÁCTICAS DE TÉCNICAS DE ACONDICIONAMIENTO A LA LUZ DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (II)

por

F. JAVIER NEILA GONZÁLEZ

CÉSAR BEDOYA FRUTOS

CONSUELO ACHA ROMÁN

CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE*
ARQUITECTURA
DE MADRID

2-20-21

CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA

0 VARIOS
1 ESTRUCTURAS
2 CONSTRUCCIÓN
3 FÍSICA Y MATEMÁTICAS
4 TEORÍA
5 GEOMETRÍA Y DIBUJO
6 PROYECTOS
7 URBANISMO
8 RESTAURACIÓN

NUEVA NUMERACIÓN

2 Área
20 Autor
21 Ordinal de cuaderno (del autor)

Aplicaciones prácticas de técnicas de acondicionamiento a la luz del Código Técnico de la Edificación (II)
© 2006 F.Javier Neila González, César Bedoya Frutos y Consuelo Acha Román
Instituto Juan de Herrera.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid
Gestión y portada: Nadezhda Vasileva Nicheva
CUADERNO 224.01/2-20-21
ISBN-13 (obra completa): 978-84-9728-207-9
ISBN-10 (obra completa): 84-9728-207-8
ISBN-13: 978-84-9728-210-9
ISBN-10: 84-9728-210-8
Depósito Legal: M-34386-2006

TÉCNICAS DE ACONDICIONAMIENTO Y EQUIPAMIENTO

PRÁCTICA 3.2. Selección de materiales aislantes

DATOS DEL ALUMNO

APELLIDOS:		**INICIAL:**
NOMBRE:	Nº EXP.:	**GRUPO:**

El alumno deberá proponer los materiales aislantes más adecuados para los diferentes elementos constructivos de su edificio.

Elemento constructivo	Material aislante más adecuado
Cubierta plana (cubierta invertida)	Poliestireno extruído, panel
Fachada - exterior	Poliestireno expandido, panel Espuma de poliuretano, proyectado
- interior	Vidrio celular, paneles
- trasdosado	Lana de vidrio + barrera de vapor, panel
Cubierta inclinada: - Por el exterior - Tabiquillos palomeros	Poliestireno extruido, plancha Lana de vidrio, manta
Tubería de agua	Espuma elastomérica, coquilla
Forjado sobre espacio exterior	Espuma de poliuretano, proyectado

TÉCNICAS DE ACONDICIONAMIENTO Y EQUIPAMIENTO

PRÁCTICA 3.3 (1). Transmitancias (1)		
		DATOS DEL ALUMNO
APELLIDOS:		**INICIAL:**
NOMBRE:	Nº EXP.:	**GRUPO:**

El alumno deberá calcular la transmitancia de los cerramientos que se le indican a continuación.

A. UN MURO VERTICAL, QUE NO CONTENGA NI CÁMARA DE AIRE NI AISLAMIENTO TÉRMICO

CAPAS	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA λ (W/m.K)	ESPESOR e (m)	RESISTENCIA TÉRMICA (m^2·K/W) R = e / λ
Capa de aire exterior	—	—	0,040 (Tabla E.1 CTE)
Enfoscado de cemento, ρ = 2000 kg/m^3	1,400	0,020	0,014
Ladrillo perforado ½ pie, ρ = 1600 kg/m^3	0,760	0,120	0,158
Capa de aire interior	—	—	0,130 (Tabla E.1 CTE)
		$R_{TOTAL} = \sum R$	**0,342**

U = 2,924 W/m^2K

B. EL MISMO MURO VERTICAL, CON UNA CÁMARA DE AIRE NO VENTILADA

CAPAS	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA λ (W/m.K)	ESPESOR e (m)	RESISTENCIA TÉRMICA (m^2·K/W) R = e / λ
Resistencia térmica del cerramiento anterior	—	—	0,342
Cámara de aire	—	0,050	0,180 (Tabla E.2 CTE)
Ladrillo hueco, ρ = 1200 kg/m^3	0,490	0,040	0,082
Enlucido de yeso, ρ = 800 kg/m^3	0,300	0,015	0,050
		$R_{TOTAL} = \sum R$	**0,654**

U = 1,529 W/m^2K

C. EL MISMO MURO VERTICAL DEL APARTADO B, CON AISLAMIENTO TÉRMICO EN LUGAR DE LA CÁMARA DE AIRE

CAPAS	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA λ (W/m.K)	ESPESOR e (m)	RESISTENCIA TÉRMICA (m^2·K/W) R = e / λ
Resistencia térmica del cerramiento anterior **sin cámara**	—	—	0,654 – 0,180 = 0,474
Poliestireno extruido, ρ =33 kg/m^3	0,033	0,050	1,515
		$R_{TOTAL} = \sum R$	**1,989**

U = 0,503 W/m^2K

D. CUBIERTA

CAPAS	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA λ (W/m.K)	ESPESOR e (m)	RESISTENCIA TÉRMICA (m^2·K/W) R = e / λ
Capa de aire exterior	—	—	0,040 (Tabla E.1 CTE)
Grava rodada, ρ =1700 kg/m^3	0,810	0,050	0,062
Poliestireno extrusionado, ρ =33 kg/m^3	0,033	0,050	1,515
Impermeabilizante (lámina bituminosa), ρ = 1100 kg/m^3	0,190	0,001	0,005
Hormigón de pendiente, ρ =600 kg/m^3	0,170	0,050	0,294
Forjado (bovedilla cerámica sencilla; hbovedilla = 12 cm; entrevigado 60 cm)	—	—	0,140
Capa de aire interior	—	—	0,100 (Tabla E.1 CTE)
		R_{TOTAL}:	**2,156**

U = 0,464 W/m^2·K

TÉCNICAS DE ACONDICIONAMIENTO Y EQUIPAMIENTO

PRÁCTICA 3.3 (2). Transmitancias (2)

DATOS DEL ALUMNO

APELLIDOS:		**INICIAL:**
NOMBRE:	Nº EXP.:	**GRUPO:**

El alumno deberá calcular la transmitancia de los cerramientos que se le indican a continuación.

E. MURO VERTICAL CON CÁMARA DE AIRE VENTILADA. U

Se parte del mismo muro del apartado B, al que se incorporan dos tipos de ventilación en la cámara de aire

Tipo I: Dos huecos de 30x10 mm cada uno, cada metro

Grado de ventilación: $S_{aberturas}$ = 600 mm^2 > 500 mm^2 y < 1500 mm^2 ⇨ LIGERAMENTE VENTILADA

Resistencia térmica cámara de aire (Tabla E.2 CTE) (m²·K/W): $R_{cámara}$ = 0,180/2 = 0,090

Expresión: $R = R_{si} + R_{capas\ interiores} + R_{capas\ exteriores} + R_{cámara} + R_{se} =$
$0,130 + 0,014 + 0,158 + 0,082 + 0,050 + 0,090 + 0,040$

R = 0,564 m^{2}K/W

U = 1,773 W/m²·K

Tipo II: Dos huecos de 100x100 mm cada uno, cada metro

Grado de ventilación: $S_{aberturas}$ = 20000 mm^2 > 1500 mm^2 ⇨ MUY VENTILADA

Resistencia térmica cámara de aire (m²·K/W): $R_{cámara}$ = 0

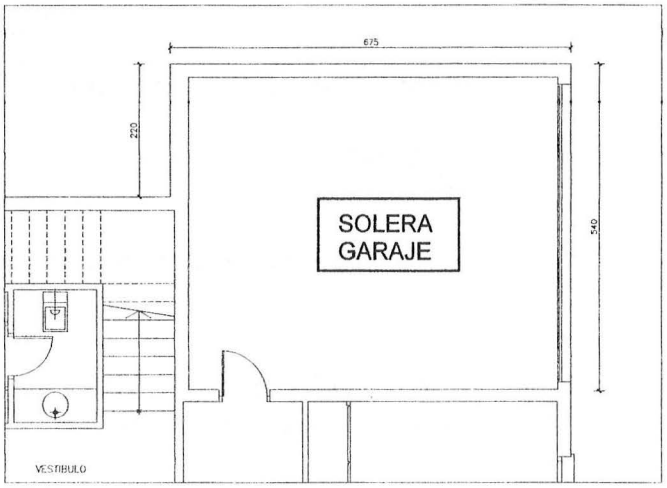
Expresión: $R = R_{si} + R_{capas\ interiores} + R_{si} =$
$0,130 + 0,082 + 0,050 + 0,130$

R = 0,392 m^{2}K/W

U = 2,551 W/m²·K

F(1). SOLERA SOBRE EL NIVEL DEL TERRENO. U_S

Tipo I: Sin aislamiento



Longitud característica: B'= A / 0,5P =
(6,75 x 5,40)/0,5 x 14,350
B´ = 5,080

B´ = 1
R_a = 0,00 } (Tabla E.3 CTE)
U_S (primer m de solera) = **2,35 W/m²·K**

B´ = 5,080
R_a = 0,00 } (Tabla E.3 CTE)
U_S = 0,85 W/m²·K

Tipo II: Con aislamiento

Anchura banda aislamiento perimétrico D (m): 0,5 m

Resistencia térmica aislante R_a (m²·K/W): Poliestireno expandido, 2 cm, ρ = 12 kg/m^3, λ = 0,044 W/mK)
R_a = 0,020/0,044 = 0,454 m^{2}K/W

Longitud característica: B'= A / 0,5P = 5,080

B´ = 1
R_a = 0,454 ≈ 0,500 } (Tabla E.3 CTE)
U_S (primer m de solera) = **1,57 W/m²·K**

B´ = 5,080 ≈ 5
R_a = 0,454 ≈ 0,500 } (Tabla E.3 CTE)
U_S = 0,69 W/m²·K

F(2). SOLERA ENTERRADA. U_S

Profundidad z (m): 2,0 m

Resistencia térmica R_f (m²·K/W): 15 cm de encachado, 15 cm de hormigón armado:
0,150/0,810 + 0,150/1,630 = 0,185 + 0,092 = 0,277 m^{2}K/W

Longitud característica: B'= A / 0,5P = 5,080

B´ = 5,080 ≈ 5
R_f = 0,277 ≈ 0,500
z = 1,000 m } (Tabla E.4 CTE)
U_S (primer m de solera) = **0,52 W/m²·K**

B´ = 5,080 ≈ 5
R_f = 0,277 ≈ 0,500
z = 2,000 m } (Tabla E.4 CTE)
U_S = 0,45 W/m²·K

G. MURO EN CONTACTO CON EL TERRENO. U_T

Profundidad z (m): 3,0 m

Resistencia térmica R_m ($m^2 \cdot K/W$): Muro de la práctica 3.3(1) apartado B:
$R_m = 0{,}654 - 0{,}170 = 0{,}484\ m^2K/W$ ($0{,}17 = R_{si} + R_{se}$)

$z = 1$
$R_m = 0{,}484 \approx 0{,}500$ } (Tabla E.5 CTE)
U_T (primer m de muro) = **0,99 m^2K/W**

$z = 3{,}000$
$R_m = 0{,}484 \approx 0{,}500$ } (Tabla E.5 CTE)
U_T = **0,64 m^2K/W**

TÉCNICAS DE ACONDICIONAMIENTO Y EQUIPAMIENTO

PRÁCTICA 3.3 (3). Transmitancias (3)

DATOS DEL ALUMNO

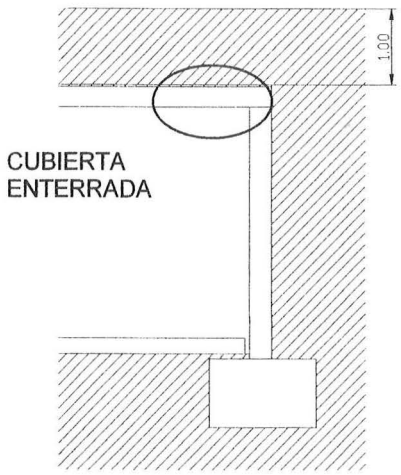
APELLIDOS:		**INICIAL:**
NOMBRE:	Nº EXP.:	**GRUPO:**

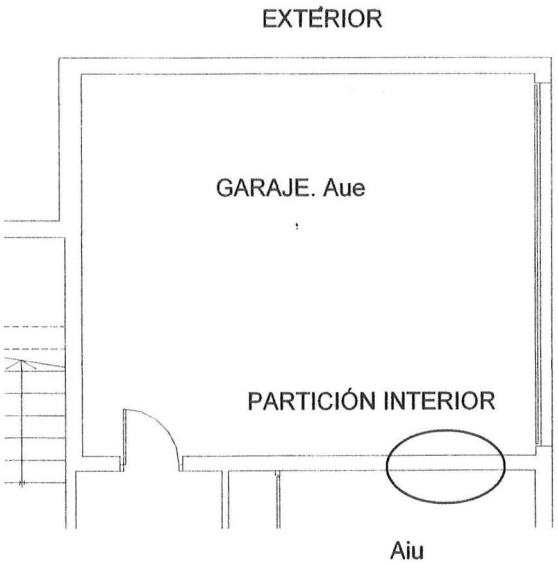
El alumno deberá calcular la transmitancia de los cerramientos que se le indican a continuación.

H. CUBIERTA ENTERRADA. U_T

CAPAS	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA λ (W/m.K)	ESPESOR e (m)	RESISTENCIA TÉRMICA (m²·K/W) R = e / λ
Capa de aire exterior	—	—	0,040 (Tabla E.1. CTE)
Tierra	2,000	1,000	0,500
Forjado (bovedilla cerámica sencilla; $h_{bovedilla}$ = 12 cm; entrevigado 60 cm)	—	—	0,140
Enlucido de yeso, ρ =800 kg/m³	0,300	0,015	0,050
Capa de aire interior	—	—	0,100 (Tabla E.1. CTE)
		R_{TOTAL}:	**0,830**

U= 1,205 **W/m²·K**





I. PARTICIÓN INTERIOR. U

Expresión: **$U = U_P \cdot b$**

U_P: Transmitancia partición interior ⇨ $R = R_{si} + \sum e / \lambda + R_{se}$

CAPAS	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA λ (W/m.K)	ESPESOR e (m)	RESISTENCIA TÉRMICA (m²·K/W) R = e / λ
Capa de aire exterior	—	—	0,130 (Tabla E.6 CTE)
Enfoscado de cemento, ρ = 2000 kg/m³	1,400	0,020	0,014
Ladrillo perforado ½ pie, ρ = 1600 kg/m³	0,760	0,120	0,158
Enlucido de yeso, ρ =800 kg/m³	0,300	0,015	0,050
Capa de aire interior	—	—	0,130 (Tabla E.6 CTE)
		R_{TOTAL} :	**0,482**

U_P = 2,075 W/m²·K

b: coeficiente de reducción de temperatura ⇨ Espacio muy ventilado. CASO 2

Partición sin aislamiento. No aislado-No aislado
Aiu = 6,22 x 2,75 = 17,105 m²
Aue = (6,22 + 5,15 + 1,98)x 2,45 + 6,22x5,15 = 32,707 +32,033
Aue = 64,740 m²
Aiu / Aue = 17,105 / 64,740 = 0,264

} (Tabla E.7 CTE) b = 0,92

U = 1,909 W/m²·K

J. SUELO EN CONTACTO CON CÁMARA SANITARIA. U_s

Longitud característica: B'= A / 0,5P ⇨ A = 186,940 m^2 (forjado sobre cámara de aire. Planta baja)
P = 74,680 m

B´= 5,006 m

Resistencia térmica R_f (m^2·K/W):

CAPAS	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA λ (W/m.K)	ESPESOR e (m)	RESISTENCIA TÉRMICA (m^2·K/W) R = e / λ
Capa de aire exterior	—	—	
Roca compacta, ρ = 2500 kg/m^3	3,500	0,030	0,008
Enfoscado de cemento, ρ = 2000 kg/m^3	1,400	0,020	0,014
Forjado (bovedilla cerámica sencilla; $h_{bovedilla}$ = 12 cm; entrevigado 60 cm)	—	—	0,140
Capa de aire interior	—	—	
		R_f :	**0,154**

B´= 5,006 m
R_f = 0,154 m^2K/W
(Tabla E.9 CTE)
U_s = 2,171 W/m^2K (interpolando entre R_f= 0,00 y R_f= 0,50)

K. FORJADO SOBRE ESPACIO EXTERIOR. U_{s2}

CAPAS	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA λ (W/m.K)	ESPESOR e (m)	RESISTENCIA TÉRMICA (m^2·K/W) R = e / λ
Capa de aire exterior	—	—	0,040 (Tabla E.1 CTE)
Roca compacta, ρ = 2500 kg/m^3	3,500	0,030	0,008
Enfoscado de cemento, ρ = 2000 kg/m^3	1,400	0,020	0,014
Forjado (bovedilla cerámica sencilla; $h_{bovedilla}$ = 12 cm; entrevigado 60 cm)	—	—	0,140
Espuma de poliuretano, ρ = 32 kg/m^3	0,023	0,04	1,739
Cámara de aire	—	0,05	0,160
Planchas de aluminio, ρ = 2700 kg/m^3	204	0,005	—
Capa de aire interior	—	—	0,170 (Tabla E.1 CTE)
		R_{fL} :	**2,271**

U = 0,440 W/m^2·K

L. FORJADO SOBRE ESPACIO NO HABITABLE. U_{S2}

CAPAS	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA λ (W/m.K)	ESPESOR e (m)	RESISTENCIA TÉRMICA (m^2·K/W) R = e / λ
Capa de aire exterior	—	—	0,170 (Tabla E.1 CTE)
Roca compacta, ρ = 2500 kg/m^3	3,500	0,030	0,008
Enfoscado de cemento, ρ = 2000 kg/m^3	1,400	0,020	0,014
Forjado (bovedilla cerámica sencilla; $h_{bovedilla}$ = 12 cm; entrevigado 60 cm)	—	—	0,140
Capa de aire interior	—	—	0,170 (Tabla E.1 CTE)
		R_{fL} :	**0,502**

U_{s2} = 1,992 W/m^2·K

M. VENTANA. U_H

$U_H = (1 - FM) \cdot U_{H,V} + FM \cdot U_{H,m}$

U_H ⇨ Ventana de aluminio con ruptura de puente térmico
Superficie 2,25 m^2
Vidrio 4+6+4
% de carpintería 30%
} (Tabla 4.3. L1) U_H = 3,2 W/m^2K

$U_{H,V}$ ⇨ Ventana de aluminio con ruptura de puente térmico
Superficie 2,25 m^2
Vidrio 4+6+4
% de carpintería del 0%
} (Tabla 4.3. L1) $U_{H,V}$ = 3,4 W/m^2K

FM ⇨ H = 1,50 m ; W = 1,50 m ; R = 0,20 m
R / W = 0,20/1,50 = 0,133
R / H = 0,20/1,50 = 0,133
Orientación sur
} (Tabla E.12 CTE) FM = 0,67

$3,2 = (1 - 0,67) \cdot 3,4 + 0,67 \cdot U_{H,m}$ ⇨ $U_{H,m} = (3,2 - 1,122) / 0,67 = 3,101$

U_H = 3,2 W/m^2K
$U_{H,m}$ = 3,101 W/m^2K
FM = 0,67

N. MEDIANERA. U_{MD}

CAPAS	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA λ (W/m.K)	ESPESOR e (m)	RESISTENCIA TÉRMICA (m^2·K/W) R = e / λ
Capa de aire exterior	—	—	0,130 (Tabla E.1 CTE)
Ladrillo perforado ½ pie, ρ = 1600 kg/m^3	0,760	0,120	0,158
Cámara de aire	—	0,050	0,180 (Tabla E.2 CTE)
Ladrillo hueco, ρ = 1200 kg/m^3	0,490	0,040	0,082
Enlucido de yeso, ρ = 800 kg/m^3	0,300	0,015	0,050
Capa de aire interior	—	—	0,130 (Tabla E.1 CTE)
		$R_{TOTAL} = \sum R$	**0,730**

U_{MD} = 1,370 W/m^2K

TÉCNICAS DE ACONDICIONAMIENTO Y EQUIPAMIENTO

PRÁCTICA 3.4. (1) Fichas justificativas de la opción simplificada

DATOS DEL ALUMNO

APELLIDOS:		**INICIAL:**
NOMBRE:	Nº EXP.:	**GRUPO:**

El alumno deberá rellenar la ficha 1 con los parámetros característicos medios del edificio con el que está trabajando.

ZONA CLIMÁTICA B3	**Zona de baja carga interna ¦**	**Zona de alta carga interna ?**

MUROS (U_{Min}) y (U_{Tm})

	Tipos	A (m^2)	U (W/m^2K)	A•U	Resultados	
N	Fachada	126,24	0,503	63,499	?A =	160,012
	Muro a espacio no habitable	24,04	1,909	45,892	? A•U =	127,084
	ıente térmico contorno ventana	9,732	1,818	17,693	U_{min} = ? A•U / ?A =	**0,794**
E	Fachada	68,22	0,503	34,315	?A =	72,260
	ıente térmico contorno ventana	4,04	1,818	7,345	? A•U =	41,659
				0,000	U_{min} = ? A•U / ?A =	**0,577**
O	Fachada	74,76	0,503	37,604	?A =	80,244
	ıente térmico contorno ventana	5,484	1,818	9,970	? A•U =	47,574
				0,000	U_{min} = ? A•U / ?A =	**0,593**
S	Fachada	135,18	0,503	67,996	?A =	144,624
	ıente térmico contorno ventana	9,444	1,818	17,169	? A•U =	85,165
				0,000	U_{min} = ? A•U / ?A =	**0,589**
SE				0,000	?A =	0
				0,000	? A•U =	0
				0,000	U_{min} = ? A•U / ?A =	
SO				0,000	?A =	0
				0,000	? A•U =	0
				0,000	U_{min} = ? A•U / ?A =	
C-TER	Solera garaje	36,45	0,85	30,983	?A =	36,450
				0,000	? A•U =	30,983
				0,000	U_{Tm} = ? A•U / ?A =	**0,850**
				0,000		

SUELOS (U_{Sm})

Tipos	A (m^2)	U (W/m^2K)	A•U	Resultados	
Forjado sanitario	159,67	2,171	346,644	?A =	210,450
Forjado sobre garaje	36,45	1,992	72,608	? A•U =	425,557
Forjado sobre espacio exterior	14,33	0,44	6,305	U_{Sm} = ? A•U / ?A =	**2,022**

CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (Ucm, F_{Lm})

Tipos	A (m^2)	U (W/m^2K)	A•U	Resultados	
Cubierta	233,13	0,464	108,172	?A =	233,130
			0,000	? A•U=	108,172
			0,000	U_{Cm} = ? A•U / ?A =	**0,464**

Tipos	A (m^2)	F	A•F	Resultados	
				?A =	0
				? A•F =	0
				F_{Hm} = ? A•F / ?A =	

ZONA CLIMÁTICA B3	Zona de baja carga interna ¡	Zona de alta carga interna ?

HUECOS (U_{Hm}) y (F_{Hm})

	Tipos	A (m^2)	U (W/m^2K)	A•U	Resultados	
N	Ventanas	15,45	3,2	49,440	?A =	15,450
				0,000	? A•U =	49,440
				0,000	U_{Hm} = ? A•U / ?A =	**3,200**

	Tipos	A (m^2)	U (W/m^2K)	F	A•U	A•F (m^2)	Resultados	
E	Ventana	7,89	3,2		25,248	0,000	?A =	7,890
					0	0,000	? A•U =	25,248
					0	0,000	? A•F =	0,000
					0	0,000	U_{Hm} = ? A•U / ?A =	3,200
					0	0,000	U_{Hm} = ? A•F / ?A =	0,000
O	Ventana	16,12	3,2		51,584	0,000	?A =	16,120
					0	0,000	? A•U =	51,584
					0	0,000	? A•F =	0,000
					0	0,000	U_{Hm} = ? A•U / ?A =	3,200
					0	0,000	U_{Hm} = ? A•F / ?A =	0,000
S	Ventana	25,07	3,2	0,67	80,224	16,797	?A =	25,070
							? A•U =	80,224
							? A•F =	16,797
							U_{Hm} = ? A•U / ?A =	3,200
							U_{Hm} = ? A•F / ?A =	0,670
SE							?A =	0
							? A•U =	0
							? A•F =	0,000
							U_{Hm} = ? A•U / ?A =	
							U_{Hm} = ? A•F / ?A =	
SO							?A =	0
							? A•U =	0
							? A•F =	0,000
							U_{Hm} = ? A•U / ?A =	
							U_{Hm} = ? A•F / ?A =	

TÉCNICAS DE ACONDICIONAMIENTO Y EQUIPAMIENTO

PRÁCTICA 3.4. (2) Fichas justificativas de la opción simplificada

DATOS DEL ALUMNO

APELLIDOS:		**INICIAL:**
NOMBRE:	Nº EXP.:	**GRUPO:**

El alumno deberá rellenar la icha 2 CONFORMIDAD- Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA B3	**Zona de baja carga interna** ¦	**Zona de alta carga interna ?**

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica	$U_{max(proyectado)}$		U_{max}
Muros de fachada	0,503	} =	1,07*
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en contacto con el terreno			
Particiones interiores en contacto con espacios no habitables	**1,909**		
Suelos	**2,171**	=	0,68*
Cubiertas	0,464	=	0,59*
Vidrios de huecos y lucernarios	3,400	} =	5,70*
Marcos de huecos y lucernarios	3,101		5,70*
Medianerías		=	

Particiones interiores (edificios de viviendas)		=	1,200

MUROS DE FACHADA			
	U_{min}		U_{min}
N	0,7942	}	
E	0,5765		
O	0,5929	=	0,82**
S	0,5889		
SE			
SO			

HUECOS Y LUCERNARIOS					
U_{Hm}		U_{Hm}	F_{Hm}		F_{Hlim}
3,2	=	3,8**(12,24%)			
3,2	}	4,9**(11,56%)		}	
3,2	=	4,3**(21,56%)		=	—
3,2	=	5,7**(18,54%)			
	} =			} =	—

CERR.CONTACTO TERRENO			**SUELOS**			**CUBIERTAS**			**LUCERNARIOS**		
U_{Tm}		U_{Mlim}	U_{Sm}		U_{Slim}	U_{Cm}		U_{Clim}	F_{Lm}		F_{Lm}
0,850	=	0,82**	**2,022**	=	0,52**	**0,464**	=	0,45**		=	0,30**

* Tabla 2.1 CTE
** Tabla 2.2 CTE

Cumple con todos los requisitos NO

¿Cuáles?

La transmitancia de la partición vertical con local no habitable.
La transmitancia de los suelos
La transmitancia media de los cerramientos en contacto con el terreno
La transmitancia media de los suelos
La transmitancia media de la cubierta

Solución:

En todos los casos habría que aumentar el aislamiento.

TÉCNICAS DE ACONDICIONAMIENTO Y EQUIPAMIENTO

PRÁCTICA 3.5/1. Cargas térmicas de calefacción

DATOS DEL ALUMNO

APELLIDOS:		**INICIAL:**
NOMBRE:	Nº EXP.:	**GRUPO:**

El alumno deberá calcular las cargas térmicas de calefacción de, al menos, dos locales de su edificio.

Localidad: **Valencia**

Temperatura exterior de cálculo (ver P.1/1): **1,00 ºC**

Temperatura interior de bienestar (CTE/ P.2.1/1): T_0= (20...23 ºC) ***(CTE)*** $T_0 = \frac{T_s + T_{mr}}{2} = \frac{T_s + (T_s - 2)}{2}$

para T_o= 21 ºC ; T_s = **22ºC**

LOCAL: **DORMITORIO /SALÓN-COMEDOR/OTRO LOCAL SECO**

CARGAS POR TRANSMISIÓN:

CLAVE DEL CERRAMIENTO	SUPERFICIE A (m^2)	ORIENTACIÓN	INCREMENTO POR ORIENTACIÓN i_o	U (W/m^2·ºC)	i_o·U·A (W/ºC)
Fachada	23,530	N	1,20	0,503	14,203
Ventanas	5,400	N	1,20	3,200	20,736
Fachada	8,180	S	1,00	0,503	4,114
Ventanas	4,200	S	1,00	3,200	13,440
Fachada	2,750	E	1,10	0,503	1,521
Fachada	7,930	O	1,10	0,503	4,388
Ventanas	8,460	O	1,10	3,200	29,779
Forjado	55,040		-------	2,171	119,492
				$\Sigma(i_o \cdot U \cdot A)$	207,673

$\Sigma(i_o \cdot U \cdot A)$	ΔT ($\Theta_i - \Theta_e$) (ºC)	$\Sigma(i_o \cdot U \cdot A) \cdot \Delta T$ (W)
207,673	22-1 =21	4361,133

$\Sigma(i_o \cdot U \cdot A) \cdot \Delta T$ (W)	Incremento por puentes térmicos i_p	$\Phi_T = i_p \cdot \Sigma(i_o \cdot U \cdot A) \cdot \Delta T$ (W)
4361,133	1,15	5015,303

CARGAS POR RENOVACIÓN:

Uso del local	q_v (l/s)	$\Delta T(\Theta_i - \Theta_e)$ (ºC)	$\Phi_R = 1{,}29 \cdot V_R \cdot \Delta T$ *(Pág. 202 L1)* (W)
Salón-comedor	38,47 (P2.4)	21	1042,152

VIVIENDAS: q_v = nº personas x l/s (CTE)
OTROS LOCALES: q_v = 6,4 x nº personas x actividad metabólica en MET

$\Phi = \Phi_T + \Phi_R$ = 5015,303 + 1042,152 = **6057,455 W**

Carga relativa del local $= \frac{\Phi}{A} = \frac{6057{,}455}{55{,}04} =$ **110,055 W/m²**

CARGAS POR TRANSMISIÓN:

LOCAL: **BAÑO**

CLAVE DEL CERRAMIENTO	SUPERFICIE A (m^2)	ORIENTACIÓN	INCREMENTO POR ORIENTACIÓN i_o	U ($W/m^2 \cdot ºC$)	$i_o \cdot U \cdot A$ (W/ºC)
Fachada (2.09x2.5)	5,225	S	1,00	0,503	2,628
Fachada (1.64x2.50 – 0.98)	3,12	O	1,10	0,503	1,726
Ventana (0.70x1.40)	0,98	O	1,10	3,200	3,450
Puerta (despreciable)					
Tabique (despreciable)					
Forjado	3,43		-------	2,171	7,446
				$\Sigma(i_o \cdot U \cdot A)$	15,250

$\Sigma(i_o \cdot U \cdot A)$	$\Delta T(\Theta_i - \Theta_e)$ (ºC)	$\Sigma(i_o \cdot U \cdot A) \cdot \Delta T$ (W)
15,250	21+3 = 24	366,000

$\Sigma(i_o \cdot U \cdot A) \cdot \Delta T$ (W)	Incremento por puentes térmicos i_p	$\Phi_T = i_p \cdot \Sigma(i_o \cdot U \cdot A) \cdot \Delta T$ (W)
366,000	1,15	420,900

CARGAS POR RENOVACIÓN:

Uso del local	q_v (l/s)	$\Delta T(\Theta_i - \Theta_e)$ (ºC)	$\Phi_R = 1{,}29 \cdot V_R \cdot \Delta T$ *(Pág. 202 L1)* (W)
Baño	15 (P2.4)	3	58,05

VIVIENDAS: q_v = nº personas x l/s (CTE)
OTROS LOCALES: q_v = 6,4 x nº personas x actividad metabólica en MET

$\Phi = \Phi_T + \Phi_R$ = 420,9000+ 58,05 = **478,950 W**

Carga relativa del local $= \dfrac{\Phi}{A} = \dfrac{478{,}950}{3{,}43} =$ **139,635 W/m²**

TÉCNICAS DE ACONDICIONAMIENTO Y EQUIPAMIENTO

PRÁCTICA 3.5/2. Cálculo de cargas térmicas de refrigeración

DATOS DEL ALUMNO

APELLIDOS:		**INICIAL:**
NOMBRE:	Nº EXP.:	**GRUPO:**

El alumno deberá calcular las cargas térmicas de refrigeración del local o zona más significativo del edificio,por un método simplificado y por otro más preciso.

Mes: *(por defecto julio)*
Hora de cálculo: *(por defecto las 15:00)*
Local: **Salón-comedor**
Número de ocupantes: **10**

Localidad. **Valencia**

Temperatura exterior de cálculo: T_S **= 31,80 ºC** = Θ_e T_h **= 22,80 ºC** *(Tabla 12 -L1. Pag 38)*

Temperatura interior de bienestar: **24,29 ºC** *(Práctica 2.1.1)* / En su defecto: RITE: T_O =23...25 ºC;

$T_O \approx \frac{T_S + T_{mr}}{2} =$; para To =25 ºC; T_S **=24ºC =** Θ_I

Datos del edificio:

MÉTODO SIMPLIFICADO:

1. Radiación a través de vidrios Φ_{RAD}:

Ventana	Orientación	Superficie total (m^2)	Superficie soleada (m^2)	Irradiancia horaria total (W/m^2) *(Tabla III.2E Pág. 375-L1)*	Superficie en sombra (m^2)	Irradiancia horaria difusa (W/m^2) *(Tabla III.2E Pág. 375-L1)*	Radiación total (W)
1,80 x 1,50	N	2,700	-	-	2,700	(120+99)/2=109,50	295,650
1,80 x 1,50	N	2,700	-	-	2,700	(120+99)/2=109,50	295,650
1,75 x 1,50	O	2,625	2,595	(375+422)/2=398,50	0,030	(120+99)/2=109,50	1037,392
2,45 x 2,10	O	5,145	5,095	(375+422)/2=398,50	0,050	(120+99)/2=109,50	2035,832
1,80 x 1,50	S	2,700	0,520	(166+107)/2=136,50	2,180	(120+99)/2=109,50	309,690
1,00 x 1,50	S	1,500	0,290	(166+107)/2=136,50	1,210	(120+99)/2=109,50	172,080

Carga por radiación (W): **4146,294 W**

2.Transmisión a través de vidrios Φ_{TRA}:

Superficie de ventanas (m^2): **17,370 m^2**

Coeficiente de transmisión de calor de la ventana ($W/m^2 \cdot ºC$): **U=3,2 $W/m^2 \cdot ºC$** *(Práctica 3.3)*

Salto térmico (ºC): $\Theta_e - \Theta_I$ **= 31,8-24= 7,8ºC**

Carga por transmisión a través de vidrio (W): $Q_T = U \cdot S \cdot \Delta T$ =3,2·17,370·7,8= **433,555 W**

3. Ocupación Φ_{OCU}:

Número de personas: **10**
Actividad: **Leer**
Velocidad del metabolismo (W): **105,60 W** *(Práctica 2.1/1)*

Carga por ocupación (W): 105,60·10 = **1056,000 W**

4. Iluminación Φ_{ILU}:

Potencia de iluminación funcionando (W): **NO CORRESPONDE**

Carga por iluminación (W):

5. Ventilación Φ_{VEN}:

Caudal de ventilación requerido

Caudal de ventilación (l/s): V_R = 10•3 l/s = **30,00 l/s**

Carga por ventilación (W): **$1{,}14 \cdot V_R \cdot \Delta T$**= 1,14·30,00·7,8= **266,760 W**

Carga total de refrigeración:

$\Phi_{RAD} + \Phi_{TRA} + \Phi_{OCU} + \Phi_{ILU} + \Phi_{VEN}$= 4146,294+487,750+1056,000+266,760 = **5956,804 W**

Carga relativa de refrigeración (W/m^2): 5956,804/55,04 = **108,223 W/m^2**

MÉTODO PRECISO:

1. Radiación a través de vidrios Φ_{RAD}: **4146,294 W**

2.Transmisión a través de vidrios Φ_{TRA}: **433,555 W**

3.Ocupación Φ_{OCU}: **1056,000 W**

4. Iluminación Φ_{ILU}: -----

5. Ventilación Φ_{VEN}: **689,040 W**

6. Transmisión a través de cerramientos opacos Φ_{OPA}:

Diferencia de temperatura equivalente ($\Delta Teq = (T_e - T_i) + \Delta T + COMD$):

Mes: Julio $\Theta_e - \Theta_i$ = 31,8 – 24 = 7,8 ºC

ΔT: *(Pág. 199 – L1; Tipo II)*

Hora de cálculo 15,00 h
Tipo de fachada II
Orientación N ⇒ ΔT= -3,6
Orientación S ⇒ ΔT= 5,9
Orientación O ⇒ ΔT= 2,6
Orientación E ⇒ ΔT= -0,8

COMD: *(Pág. 38 – L1)* → 10,8 ≠ 11 º C → 11 – 10,8 = 0,2 → 1º C ----- 0,5
0,2 ----- x

COMD = +0,1ºC

CERRAMIENTO OPACO Y SU ORIENTACIÓN	(ΔTeq)	U	A	U·A·ΔTeq
N	7,8 –3,6 + 0,1= **4,3**	0,503	23,530	50,893
S	7,8 +5,9 + 0,1= **13,8**	0,503	8,180	56,781
O	7,8 +2,6 + 0,1= **10,5**	0,503	7,930	41,882
E	7,8 -0,8 + 0,1= **7,1**	0,503	2,750	9,821
			Φ_{OPA}= Σ(U·A·ΔTeq)	**159,377**

CONCEPTO	CARGA TOTAL	CARGA SENSIBLE	CARGA LATENTE
1. Radiación a través de vidrios	4146,294	4146,294	----
2.Transmisión a través de vidrios	433,555	433,555	----
3. Ocupación*	1056,000	60% de 1056,000 = 633,600	40% de 1056,000 = 422,400
4. Iluminación	----	----	----
5. Ventilación**	689,040	266,760	422,280
6. Transmisión a través de cerramientos opacos	159,377	159,377	----
TOTALES	**6484,266**	**5639,586**	**844,680**

Factor de calor sensible: $\frac{q_S}{q_S + q_L} = \frac{5639,586}{6484,266} = \mathbf{0,870}$

Carga relativa de refrigeración (W/m^2): $\frac{Q_{TOTAL}}{S(m^2)} = \frac{6484,266}{55,04} = \mathbf{117,810\ W/m^2}$

* Ocupación: *(Tabla 8.1 Pag 192-L1)* Temperatura 24ºC, actividad metabólica 1,0 met ⇒ 60% carga sensible y 40% de carga latente

** Ventilación: Carga sensible: 266,760 W
Carga latente: $Q_L = 0,85 \cdot V_R \cdot \Delta HE$ *(Fórm. 8.1-Pág. 192 – L1)*
Donde: V_R es el volumen de renovación en m^3/h
$\Delta HE = HE_e - HE_i$

Calculamos: $V_R = 30,00 \,.\, 3,6 = 108,00$ m^3/h

HE_e, $T_{se} = 31,80$ ºC y $T_h = 22,80$ ºC → vamos al diagrama psicrométrico $HE_e = 13,9$ g/kg
HE_i, $T_i = 24$ ºC y $HR_i = 50\%$ → vamos al diagrama psicrométrico $HE_i = 9,3$ g/kg
$\Delta HE = HE_e - HE_i = 13,9 - 9,3 = 4,6$ g/kg

$Q_{LU} = 0,85 \cdot V_R \cdot \Delta HE = 0,85 \,.\, 108,00 \,.\, 4,6 = 422,280$ W

TÉCNICAS DE ACONDICIONAMIENTO Y EQUIPAMIENTO

PRÁCTICA 3.6/1. Condensaciones superficiales

DATOS DEL ALUMNO

APELLIDOS:		**INICIAL:**
NOMBRE:	Nº EXP.:	**GRUPO:**

El alumno deberá evaluar el riesgo de condensaciones superficiales que tienen dos zonas del cerramiento, una aislada (muro del que se calculó la transmitancia en la práctica 3.3.C) y otra sin aislar (puente térmico formado por la embocadura de un hueco calculado en la práctica 3.4). Igualmente, deberá calcular en el puente térmico la temperatura superficial mínima para que no exista riesgo de condensaciones superficiales.

Localidad: **Valencia**
Zona climática: **B3**

Uso:	**Vivienda**	$U_{sin\ aislante}$:	**1,818 W/m²K**
Clase de higrometría:	**3**	$U_{aislado}$:	**0,503 W/m²K**
HR_i:	**55%**	HR_e:	**63 %** (Tabla G.2 CTE mes de enero)
θ_i:	**20 ºC**	θ_e:	**10,4ºC** (Tabla G.2 CTE mes de enero)

$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,mín}$

A).- ZONA DEL CERRAMIENTO AISLADA

$f_{Rsi} = 1 - U \cdot 0{,}25$

$f_{Rsi,mín}$ ⇨ Clase higrometría Zona B } $f_{Rsi,min} = 0{,}52$ (Tabla 3.2 CTE)

$U = 0{,}503\ W/m^2K$

$f_{Rsi} = 1 - 0{,}503 \cdot 0{,}25 = \mathbf{0{,}874}$

$f_{Rsi,mín} = \mathbf{0{,}52}$

$f_{Rsi} > f_{Rsi,\ min}$ ⇨ No existe riesgo de condensaciones superficiales

$f_{Rsi,mín}$ (Tabla 3.2)			
Clase de higrometría	**5 70%**	**4 62%**	**3 ó inferior 55%**
Zona A	**0,80**	**0,66**	**0,50**
Zona B	**0,80**	**0,66**	**0,52**
Zona C	**0,80**	**0,69**	**0,56**
Zona D	**0,90**	**0,75**	**0,61**
Zona E	**0,90**	**0,78**	**0,64**

Riesgo de condensaciones superficiales: SÍ ☐ NO ■

Si hay riesgo de condensaciones superficiales deberá proponer una solución:

B).- ZONA DEL CERRAMIENTO NO AISLADA (PUENTE TÉRMICO)

Usando la tabla 3.2

U = 1,818 W/m^{2}K

f_{Rsi} = 1 – 1,818 • 0,25 = **0,545**

$f_{Rsi,mín}$ = **0,52**

Riesgo de condensaciones superficiales: SÍ ☐ NO ■

Calculando $f_{Rsi,mín}$

$f_{Rsi,mín} = (\theta_{si,\,min} - \theta_e)/(20 - \theta_e)$

$\theta_{si,\,min}$= 14,09 ºC (diagrama psicrométrico)

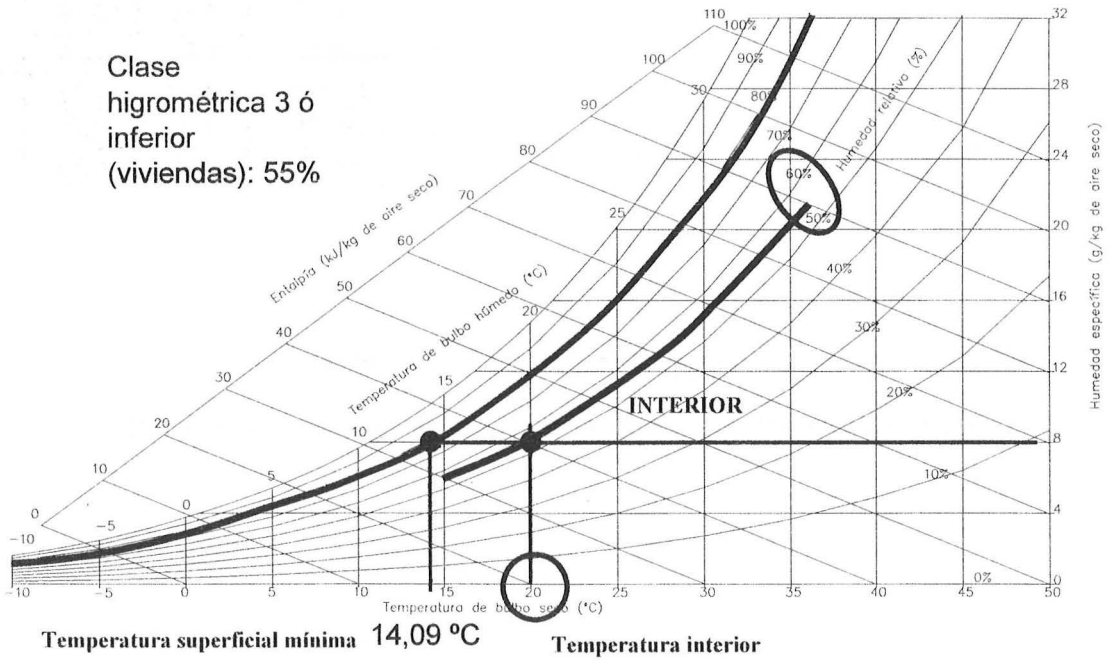
$f_{Rsi,mín}$ = (14,09 – 10,4) / (20 – 10,4) = 3,69/9,6 = **0,384**

U = 1,818 W/m^{2}K

f_{Rsi} = **0,545**

Riesgo de condensaciones superficiales: SÍ ☐ NO ■

Si hay riesgo de condensaciones superficiales deberá proponer una solución:



TÉCNICAS DE ACONDICIONAMIENTO Y EQUIPAMIENTO

PRÁCTICA 3.6/2. Condensaciones intersticiales

DATOS DEL ALUMNO

APELLIDOS:		**INICIAL:**
NOMBRE:	Nº EXP.:	**GRUPO:**

El alumno deberá calcular analíticamente y representar gráficamente (diagrama de Glaser) el riesgo de condensaciones intersticiales del cerramiento multicapa aislado de su edificio (ver P.3.3 (1)C).

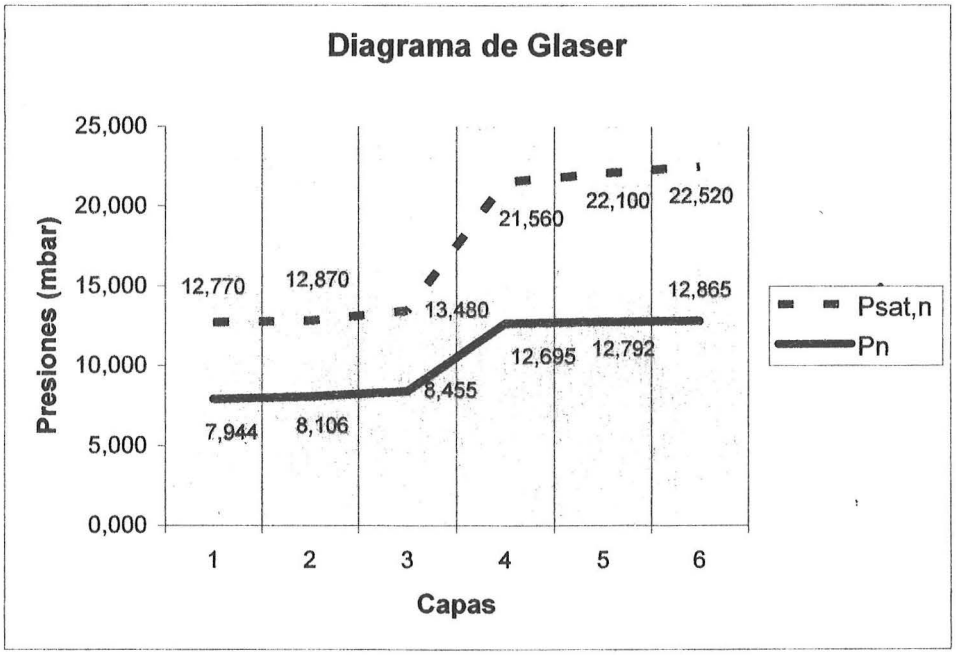
Uso del edificio: **Viviendas**
Temperatura interior de cálculo: **20 ºC**
Humedad relativa interior (según la clase de higrometría): **Clase 3 ⇒ 55%**

Presión de vapor interior: **12,859** mbar (Diagrama psicrométrico; expresión HR = P/Pvsat)

Temperatura exterior de cálculo de condensaciones: **10,4 ºC** (Tabla G.2 CTE mes de enero)
Humedad relativa exterior de cálculo de condensaciones: **63 %** (tabla G.2 CTE mes de enero)

Presión de vapor exterior: **7,944** mbar (Diagrama psicrométrico; expresión HR = P/Pvsat)

DIBUJO DEL DIAGRAMA DE GLASER:



CERRAMIENTOS, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS										
Tipos	C.superficiales		C. intersticiales							
	$f_{Rsi} \geq f_{Rsmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7
Muro con aislamiento	f_{Rsi}	0,874	$P_{sat,n}$	12,770	12,870	13,480	21,560	22,100	22,520	
	f_{Rsmin}	0,520	P_n	7,944	8,106	8,455	12,695	12,792	12,865	
Puente térmico	f_{Rsi}	0,545	$P_{sat,n}$							
	f_{Rsmin}	0,520	P_n							
	f_{Rsi}		$P_{sat,n}$							
	f_{Rsmin}		P_n							
	f_{Rsi}		$P_{sat,n}$							
	f_{Rsmin}		P_n							
	f_{Rsi}		$P_{sat,n}$							
	f_{Rsmin}		P_n							
	f_{Rsi}		$P_{sat,n}$							
	f_{Rsmin}		P_n							
	f_{Rsi}		$P_{sat,n}$							
	f_{Rsmin}		P_n							
	f_{Rsi}		$P_{sat,n}$							
	f_{Rsmin}		P_n							
	f_{Rsi}		$P_{sat,n}$							
	f_{Rsmin}		P_n							

CAPA	1 R = e/λ	2 $\Delta T_n = R_n \cdot \frac{\theta_i - \theta_e}{R_T}$	3 θ	4 P_{sat}	5 $R_v = e \cdot r_v$	6 $\Delta P_{vn} = R_{vn} \cdot \frac{P_{vi} - P_{ve}}{R_{VT}}$	7 P	8 $P_{sat} > P$
Ambiente exterior			θ_e 10,4				P_e	
Capa Límite exterior	R_{se}= 0,04 $1/h_e$	Δt_e 0,193	$\theta_1 = \theta_{se}$ = 10,593 $\theta_e + \Delta t_e$	P_{sat1} **12,77**			$P_1 = P_e$ **7,944**	Sí/No SI
Capa 1 Enfoscado de cemento	R_1 0,014	Δt_1 0,067	θ_2 = 10,660 $\theta_1 + \Delta t_1$	P_{sat2} **12,87**	R_{v1} 100x0,02 2	Δp_{v1} 0,162	P_2 = 7,944+0.162 **8,106** $P_1 + \Delta p_{v1}$	Sí/No SI
Capa 2 Ladrillo perforado	R_2 0,158	Δt_2 0,762	θ_3 = 11,422 $\theta_2 + \Delta t_2$	P_{sat3} **13,48**	R_{v2} 36x0,12 4,32	Δp_{v2} 0,349	P_3 = 8,106+0,349 **8,455** $P_2 + \Delta p_{v2}$	Sí/No SI
Capa 3 Poliestireno extruido	R_3 1,515	Δt_3 7,311	θ_4 = 18,733 $\theta_3 + \Delta t_3$	P_{sat4} **21,56**	R_{v3} 1047x0,05 52,35	Δp_{v3} 4,240	P_4 =8,455+4,240 **12,695** $P_3 + \Delta p_{v3}$	Sí/No SI
Capa 4 Ladrillo hueco	R_4 0,082	Δt_4 0,396	θ_5 = 19,129 $\theta_4 + \Delta t_4$	P_{sat5} **22,10**	R_{v4} 30x0,04 1,20	Δp_{v4} 0,097	P_5=12,695+0,097 **12,792** $P_4 + \Delta p_{v4}$	Sí/No SI
Capa 5 Enlucido de yeso	R_5 0,050	Δt_5 0,241	θ_6 = 19,370 $\theta_5 + \Delta t_5$	P_{sat6} **22,52**	R_{v5} 60x0,015 0,90	Δp_{v5} 0,073	P_6=12,792+0,073 **12,865**≈12,859 $P_5 + \Delta p_{v5}$	Sí/No SI
Capa 6	R_6	Δt_6	θ_7 = $T_6 + \Delta t_6$	P_{sat7} **23,38**	R_{vTotal} **= 60,77**	Δp_{v6} $\sum \Delta P_v$ = 4,915 ≈ 4,915 mbar	$P_7 = P_i$ = $P_6 + \Delta p_{v6}$	Sí/No
Capa límite interior	R_{si} = 0,13 $1/h_i$	Δt_i 0,627	θ_i = 19,997≈20 $\theta_7 + \Delta t_i$				P_i	
Ambiente interior	**R_T=1,989**	$\sum \Delta t$ = 9,597 ≈ 9,6 ºC						

TÉCNICAS DE ACONDICIONAMIENTO Y EQUIPAMIENTO

PRÁCTICA 3.7. Puentes térmicos		
		DATOS DEL ALUMNO
APELLIDOS:		**INICIAL:**
NOMBRE:	Nº EXP.:	**GRUPO:**

El alumno deberá evaluar el efecto que provoca un puente térmico (preferentemente un soporte no aislado e integrado en un muro) sobre el cerramiento en el que se encuentra.

ESQUEMA DEL PUENTE TÉRMICO:

Tipo de puente térmico en función del coeficiente de heterogeneidad:

$$\rho = \frac{\theta_i - \theta_{si}^{\,p}}{\theta_i - \theta_{si}^{\,n}}$$ *(Fórmula 7.1 L1)*

Temperaturas superficiales, tanto en la zona aislada como en la zona del pilar embebido

$$\theta_{Si} = \theta_i - U \cdot R_{SI} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$ *(Fórmula 6.1 L1)*

Donde: $\Theta_i = 20\ ^\circ C$ *(CTE)*

$\Theta_e = 10{,}40\ ^\circ C$ *(Tabla G.2 CTE)*

$R_{Si} = 0{,}13\ m^2\ K/W$

$U_n = 0{,}503\ W/m^2\ K$ *(Práctica 3.3(1))*

U_p hay que calcularlo:

$$R_p = \underset{R_{Si}}{0{,}130} + \underset{\text{Enlucido yeso}}{0{,}015/0{,}300} + \underset{\text{Pilar}}{0{,}160/1{,}630} + \underset{\text{Ladrillo perforado}}{0{,}050/0{,}760} + \underset{\text{Enfoscado}}{0{,}020/1{,}400} + \underset{R_{Se}}{0{,}040} \Rightarrow 0{,}385\ m^2\ K/W$$

$U_p = 2{,}597\ W/m^2\ K$

$\Theta_{si}^{\,n} = 20 - 0{,}503.0{,}130\ .(20-10{,}40) =$ **19,372 ºC**

$\Theta_{si}^{\,p} = 20 - 2{,}597.0{,}130\ .(20-10{,}40) =$ **16,759 ºC**

Coeficiente de heterogeneidad: $\rho = \frac{\theta_i - \theta_{si}^{\ p}}{\theta_i - \theta_{si}^{\ n}} = \frac{20-16{,}759}{20-19{,}372} =$ **5,161 >2**

Tipo de puente térmico debido al coeficiente de heterogeneidad: **Complejo** o de **heterogeneidad compleja**
(Pág. 172-L1)

CÁLCULO Y COMPROBACIÓN DEL EFECTO ENERGÉTICO:

$EE = \frac{\theta_i - \theta_{si}^{\ p}}{\theta_i - \theta_{si}^{\ n}} =$ 5,161 > **2** **NO CUMPLE** *(Pág. 177- L1)*

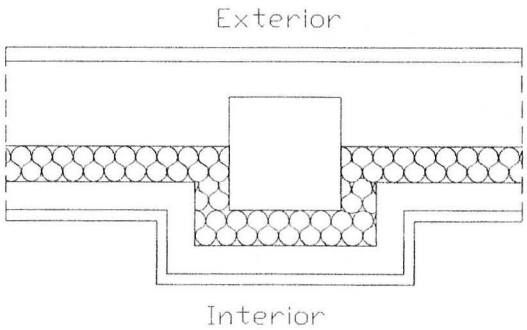
CÁLCULO Y COMPROBACIÓN DEL EFECTO SOBRE EL BIENESTAR:

$EB = \frac{\theta_i - \theta_{si}^{\ p}}{\theta_i - \theta_e} = \frac{20-16{,}759}{20-10{,}40}$ =0,338 > **0,25** **NO CUMPLE** *(Pág. 177- L1)*

CÁLCULO Y COMPROBACIÓN DE EFECTO PATOLÓGICO:

$EP = \frac{\theta_i - \theta_{si}^{\ p}}{4} = \frac{20-16{,}759}{4}$ =0,810 < **1** **CUMPLE** *(Pág. 178- L1)*

En el caso de no cumplirse correctamente los tres objetivos anteriores deberá proponer y dibujar una solución constructiva lógica y comprobarla analíticamente.



R_p = 0,130 + 0,015/0,300 + 0,040/0,490 +0,050/0,033 + 0,160/1,630 + 0,050/0,760 + 0,020/1,400 + 0,040
R_{si} Enlucido yeso Ladrillo hueco Aislante Pilar Ladrillo perforado Enfoscado R_{se}

R_p = 1,982 m^2 K/W → $U_P = \frac{1}{R_{TP}}$ = **0,504 W/m²·K**

$\Theta_{si}^{\ p}$ = 20 – 0,504.0,130 .(20-10,40) = **19,371 ºC**

CÁLCULO Y COMPROBACIÓN DEL EFECTO ENERGÉTICO:

$$EE = \frac{\theta_i - \theta_{si}{}^{p}}{\theta_i - \theta_{si}{}^{n}} = \frac{20 - 19{,}371}{20 - 19{,}372} = 1{,}001 \quad < 2 \quad \textbf{CUMPLE}$$ *(Pág. 177- L1)*

CÁLCULO Y COMPROBACIÓN DEL EFECTO SOBRE EL BIENESTAR:

$$EB = \frac{\theta_i - \theta_{si}{}^{p}}{\theta_i - \theta_e} = \frac{20 - 19.371}{20 - 10{,}40} = 0{,}065 < \mathbf{0{,}25} \quad \textbf{CUMPLE}$$ *(Pág. 177- L1)*

CÁLCULO Y COMPROBACIÓN DE EFECTO PATOLÓGICO:

$$EP = \frac{\theta_i - \theta_{si}{}^{p}}{4} = \frac{20 - 19.371}{4} = 0{,}157 \quad < 1 \quad \textbf{CUMPLE}$$ *(Pág. 178- L1)*

TÉCNICAS DE ACONDICIONAMIENTO Y EQUIPAMIENTO

PRÁCTICA 4.1. Resistencia acústica de elementos constructivos

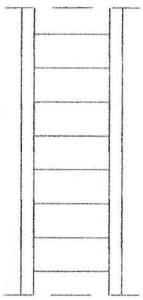
DATOS DEL ALUMNO

APELLIDOS:		**INICIAL:**
NOMBRE:	Nº EXP.:	**GRUPO:**

El alumno deberá calcular el aislamiento acústico de la pared separadora de propiedades distintas de su proyecto. Posteriormente procederá a mejorar su aislamiento mediante dos soluciones: la primera con la menor pérdida de espacio de la habitación posible (adosándole una lámina de lana de vidrio con cartón yeso) y la segunda con una doble pared (la original más otra cerámica, separadas por una cámara de aire de 6 cm).

A. CONFIGURACIÓN DEL CERRAMIENTO ORIGINAL

Configuración	Espesor e (m)	Densidad ρ (kg/m^3) *(Tabla 2.7 –L3)*	Masa m (kg/m^2) m = e . ρ
Enlucido de yeso	0,015	800	12
Ladrillo hueco	0,090	1200	108
Enlucido yeso	0,015	800	12
		TOTAL:	m = 132 kg/m^2



Masa del cerramiento: **132 kg/m^2**

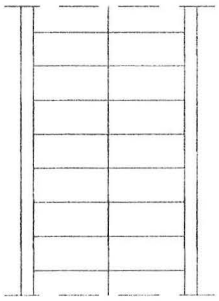
RESISTENCIA ACÚSTICA:

R = 16,6·log(m) + 2 (m<150 kg/m^2) *(Fórmula 2.10 L3)*
R = 36,5·log(m) – 41,5 (m>150 kg/m^2) *(Fórmula 2.11 L3)*

R = 16,6·log 132 + 2 = **37,201 dBA**

B. CERRAMIENTO CON MASA DOBLE

Configuración	Espesor E (m)	Densidad ρ (kg/m^3) *(Tabla 2.7 –L3)*	Masa m (kg/m^2) m = e . ρ
Enlucido de yeso	0,015	800	12
Ladrillo hueco x 2	0,180	1200	216
Enlucido yeso	0,015	800	12
		TOTAL:	m = 240 kg/m^2



Masa del cerramiento: **240 kg/m^2**

RESISTENCIA ACÚSTICA:

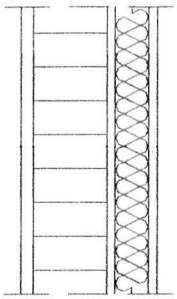
R = 36,5·log(m) – 41,5 *(Fórmula 2.11 L3)*

R = 36,5·log 240 – 41,5 = **45,378 dBA**

Aplicando la Ley de Masas: R = 37,201 + 6 = 43,201 dBA

C. CERRAMIENTO CON LANA DE VIDRIO Y CARTÓN YESO

Configuración	Espesor e (m)	Densidad ρ (kg/m^3) *(Tabla 2.7 –L3)*	Masa m (kg/m^2) m = e . ρ
Enlucido de yeso	0,015	800	12
Ladrillo hueco	0,090	1200	108
Aislamiento	0,04	—	—
Cartón-yeso	0,010	800	8



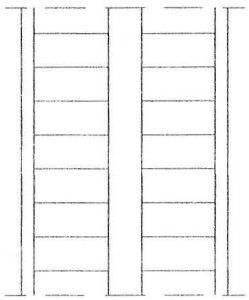
RESISTENCIA ACÚSTICA:

$R = 20 \cdot \log [(m_1 + m_2) \cdot e] + 34$ *(Fórmula 2.13 L3)*
Donde $m_2 = 12 + 108 = 120$ kg/m^2 y $m_1 = 8$ kg/m^2

$R = 20 \cdot \log [(120+8)\ 0{,}040] + 34 =$ **48,185 dBA**

D. CERRAMIENTO CON DOBLE PARED

Configuración	Espesor e (m)	Densidad ρ (kg/m^3) *(Tabla 2.7 –L3)*	Masa m (kg/m^2) m = e . ρ
Enlucido de yeso	0,015	800	12
Ladrillo hueco	0,090	1200	108
Cámara de aire	0,040	—	—
Ladrillo hueco	0,090	1200	108
Enlucido yeso	0,015	800	12



RESISTENCIA ACÚSTICA:

Donde $m_1 = 12 + 108 = 120$ kg/m^2 y $m_2 = 108 + 12 = 120$ kg/m^2

$R = 20 \cdot \log[(m_1 + m_2) \cdot e] + 34$ *(Fórmula 2.13 L3)*

$R = 20 \cdot \log [(120 + 120) \cdot 0{,}04)] + 34 =$ **53,645 dBA**

FRECUENCIA DE RESONANCIA:

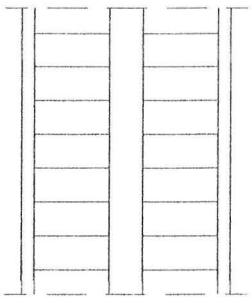
Frecuencia de resonancia: $fr = 60 \cdot [(1/e) \cdot (1/m_1 + 1/m_2)]^{1/2}$ *(Fórmula 2.12 L3)*

$$fr = 60 \cdot [(\frac{1}{0{,}04}) \cdot (\frac{1}{120} + \frac{1}{120})]^{1/2} = 38{,}730 \text{ Hz}$$

Para evitar la frecuencia de resonancia introducimos un aislante de fibra abierta en el interior de la cámara, con lo cual la R = 53,645 dBA no varia de valor.

E. CERRAMIENTO CON AISLAMIENTO RÍGIDO

Colocamos en la cámara de aire un aislante, pero no de fibra abierta, por ejemplo el poliestireno expandido tipo II



Configuración	Espesor e (m)	Densidad ρ (kg/m^3) *(Tabla 2.7 –L3)*	Masa m (kg/m^2) m = e . ρ
Enlucido de yeso	0,015	800	12
Ladrillo hueco	0,090	1200	108
Aislante	0,040	35	1,4
Ladrillo hueco	0,090	1200	108
Enlucido yeso	0,015	800	12
		TOTAL:	m = 241,400 kg/m^2

Masa del cerramiento: **241,400 kg/m^2**

RESISTENCIA ACÚSTICA:

R = 36,5·log(m) – 41,5 *(Fórmula 2.11 L3)*

R = 36,5·log 241,4 – 41,5 = **45,470 dBA**

TÉCNICAS DE ACONDICIONAMIENTO Y EQUIPAMIENTO

PRÁCTICA 4.3.Tiempo de reverberación

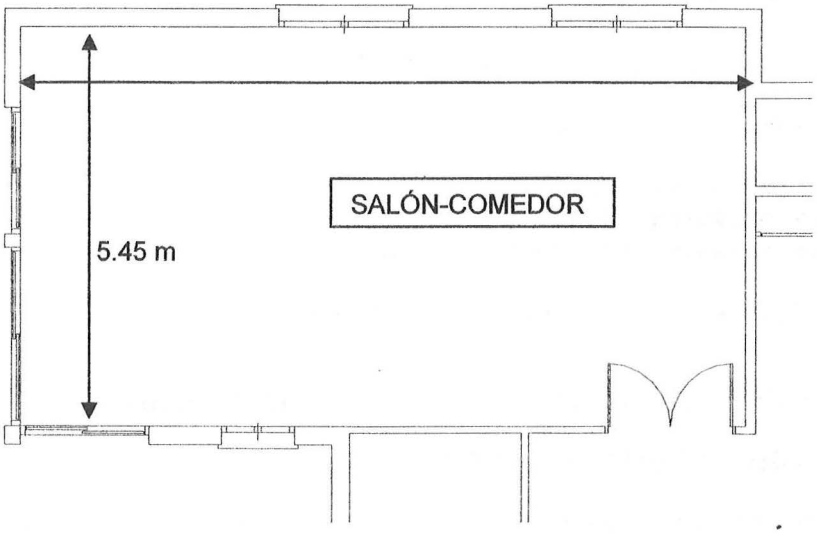
DATOS DEL ALUMNO

APELLIDOS:		**INICIAL:**
NOMBRE:	Nº EXP.:	**GRUPO:**

El alumno deberá calcular el tiempo de reverberación de una sala en la que se darán conciertos y se impartirán conferencias, indistintamente. Posteriormente procederá a corregirlo, si fuera necesario, de forma permanente o variable con elementos móviles (la distribución y número de butacas dependerá de la geometría del local).

CARACTERÍSTICAS DE LA SALA (SALÓN)

Dimensiones:



(Tabla 2.10 –L3)
1000 Hz

Tipo de acabado:	Superficie S (m^2)	Absortividad α (-)	Absorción A (m^2)
Paredes: Yeso + pintura	64,37	0,080	5,150
Suelo: Mármol	55,04	0,060	3,302
Techo: Yeso + pintura	55,04	0,080	4,403
Vidrios	17,32	0,030	0,520
Puerta	3,78	0,060	0,227

CÁLCULO DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN ÓPTIMO:

(Figura 2.11-L3)

Tiempo de reverberación óptimo para conciertos: 0,4 segundos (Jazz y música de cámara)

Tiempo de reverberación óptimo para conferencias: 0,7 segundos (Ver la TV / conversación)

TIEMPO DE REVERBERACIÓN DE LA SALA:

$$T = 0{,}163 \cdot \frac{V}{A}$$

(Fórmula 2.17-L3)

Donde: V es el volumen de la sala: **151,63 m³**
A es la absorción de la sala, m²

ABSORCIÓN DE LA SALA

$$A = \Sigma(S \cdot \alpha)$$

(Fórmula 2.15-L3)

1.- Absorción del local:

A = 5,150 + 3,302 + 4,403 + 0,520 + 0,227 = **13,602 m²**

2. Absorción de las butacas:

Superficie de butacas expuesta: 12,100 m²
Absortividad de las butacas: 0,200

$A = \Sigma(S \cdot \alpha) = 12{,}100 \cdot 0{,}200 + 13{,}602 =$ **16,022 m²**

3. Absorción de la sala ocupada:

Número de personas: 10
Área equivalente: 0,98 m²
Absortividad de las personas: 10 x 0,98 = 9,8

$A = \Sigma(S \cdot \alpha) = 13{,}602 + 16{,}022 + 9{,}80 = 39{,}424$ m²

TIEMPO DE REVERBERACIÓN DE LA SALA OCUPADA: $T = 0{,}163 \cdot \frac{151{,}630}{39{,}424} =$ **0,627s**

SOLUCIÓN CON ELEMENTOS ABSORBENTES MÓVILES

Para la actividad de conferencias la sala es adecuada, ahora bien hay que bajar el tiempo de reverberación para la actividad de concierto, para ello utilizaremos elementos móviles, como cortinas.

Tenemos que bajar el tiempo de reverberación de 0,627 s a 0,400 s, bajar 0,227 s, para ello colocaremos elementos móviles, como cortinas.

Cortinas: $\alpha = 0{,}450$

$A_{op} = A_{sala} + (S_{pared} - S_{cortinas}) \cdot \alpha_{pared} + S_{cortinas} \cdot \alpha_{cortinas}$

$T_{op} = 0{,}163 \cdot \frac{151{,}630}{A_{op}} = 0{,}40 \Rightarrow A_{op} = 61{,}789$ m²

$61{,}789 = 39{,}424 + (64{,}370 - S_{cortinas}) \cdot 0{,}080 + S_{cortinas} \cdot 0{,}450 \Rightarrow S_{cortinas} = 46{,}527$ m²

Nuevo tiempo de reverberación de la sala ocupada con elementos absorbentes móviles:

$T = 0{,}163 \cdot \frac{151{,}630}{61{,}789} =$ **0,400 s**

NOTAS

NOTAS

CUADERNO

224.01

CATÁLOGO Y PEDIDOS EN

http://www.aq.upm.es/of/jherrera

info@mairea-libros.com

84-9728-210-8